

VŠB – Technická universita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Konstrukční návrh stahováku ložiska bočního shrnovače typu SCK

Bearing Puller Engineering Design of the Side Scraper Type SKC

Student:

Daniel Huba

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Martin Janečka

Ostrava 2011

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra výrobních strojů a konstruování

Zadání bakalářské práce

Student: **Daniel Huba**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 20 Výrobní stroje a zařízení
Téma: **Konstrukční návrh stahováku ložiska bočního shrnovače typu SCK**
Bearing Puller Engineering Design of the Side Scraper Type SCK

Zásady pro vypracování:

Pro potřebu firmy zabývající se konstrukčními řešeními skládkových strojů, navrhnete stahovák bronzového ložiska umístěného na shrnovači skládkového stroje. Typ stroje - Boční shrnovač SCK 2,5/19 x 14,5.

Proved'te:

1. Rešerži mapující přehled stahováků na ložiska.
2. Navrhnete stahovák na bronzové ložisko v dané části skládkového stroje, včetně všech nezbytných výpočtů.
3. Řešení aplikujte na navržený typ ložiska v práci Bc. Martina Grycze.
4. Výrobní výkres a výkres sestavy stahováku ložiska.

Rozsah práce:

- min. 35 stran textu mimo přílohy včetně max. 5ti stran výtahu z Ročníkového projektu - mimo přílohy, rozsah přílohy výkresové části min. 1A0

Seznam doporučené odborné literatury:

SKAŘUPA, J. *Metodika konstruování* Ostrava: VŠB- Technická univerzita Ostrava, 1993. 152s. ISBN 80-7078-167-X

POLÁK, J., PAVLISKA, J., SLÍVA, A. *Dopravní a manipulační zařízení I - 1. vyd.* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2001. 99 s. ISBN 80-248-0043-8

GRYCZ, M. *Posouzení kluzných ložisek bočního shrnovače* Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2010. 42s. Bakalářská práce.

HLAVENKA, B. *Manipulace s materiálem : (systémy a prostředky manipulace s materiálem) - 3. vyd., přeprac.* Brno: Vysoké učení technické, 1990. 164s. ISBN 80-214-0068-4 (brož.)

LITERÁRNÍ REŠERŽE – zpracována v rámci Ročníkového projektu

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Janečka**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011



doc. Dr. Ing. Ladislav Kovář
vedoucí katedry



prof. Ing. Radim Farana, CSc.
děkan fakulty

Místopřísežné prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracoval samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě:

.....

podpis studenta

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mojí bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů: v rámci školních představení a užití školního a § 60 – školní dílo.
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že bakalářské práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího Bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, V případě zájmu její strany: uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- beru na vědomí, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů: bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě:.....

.....

podpis

Jméno a příjmení autora práce:

Daniel Huba

Adresa trvalého pobytu autora práce:

Valcířská 336, Frýdek – Místek

Anotace bakalářské práce

HUBA, D. *Konstrukční návrh stahováku ložiska bočního shrnovače SKC: bakalářská práce*. Ostrava: VŠB — Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra výrobních strojů a konstruování, 2011, 51 s., Vedoucí práce: Ing. Janečka, M.

Bakalářská práce se zabývá návrhem stahováku kluzných ložisek, která jsou součástí poloportálového shrnovače. V úvodu je stručný přehled stahováku a stahovacích zařízení. Jsou řešeny dvě varianty návrhu pohybového agregátu. Po konzultaci s odborníky, jsem zvolil tu výhodnější variantu. Kterou jsem dále podrobil pevnostní analýze a její optimalizaci. Hlavním cílem bylo navrhnout stahovák, kterým demontujeme čep a následně kluzné ložisko. V příloze je výkresová dokumentace stahováku a jeho aplikace.

Anotation of thesis

HUBA, D. *Bearing Puller Engineering Desing of the Side Scraper Type SKC: Bachelor Thesis*. Ostrava: VŠB — Technical University of Ostrava. Faculty of Mechanical Engineering, Department of Production Machines and Design, 2011, 51 p., Thesis head: Ing. Janečka, M.

This bachelor thesis deals with the design of slide bearing pullers, which are part of a semi-portal scrapper. The beginning of the thesis describes the puller and pulling mechanisms. In this are two variations of kinematic aggregate design. After consulting specialists in this field, I chose my preferential variation which I put through strength analysis and optimisation tests. The main purpose was to design a puller, with which we could dismount the bearing and subsequently the slide bearing. Supplemented is the design documentation of the puller and its application.

Obsah

Seznam použitého značení a zkratk	8
1 Úvod	11
2 Stahováky ložisek	12
2.1 Základní rozdělení	12
2.1.1 Mechanické stahováky.....	12
2.1.1.1 Lichoběžníkové závity	13
2.1.2 Hydraulické stahováky	19
3 Boční shrnovač	22
3.1 Požadavkový list	24
3.2 Výpočet reakcí v podporách nosníku	24
3.3 Vyhodnocení výpočtu reakcí v kloubech	30
4 Výpočet demontážních sil	30
4.1 Výpočet síly pro vytlačení čepu	30
4.1.1 Výpočet tlaku na jeden čep.....	31
4.2 Výpočet síly pro vytlačení ložiska	31
4.2.1 Výpočet tlaku od přesazení.....	31
5 Navrhování pohybového agregátu.....	33
5.1 Návrh pohybového šroubu	33
5.2 Návrh hydraulického zařízení.....	38
6 Návrh konstrukce stahováku	42
6.1 Návrh uchycení	44
6.2 Návrh zátky na ložisko	45
6.3 Návrh volby materiálu v závislosti na výsledcích MKP	46
7 Návod na postup demontáže kluzných ložisek	47
8 Závěr.....	48
9 Seznam použité literatury	50
10 Seznam příloh	51

Seznam použitého značení a zkratek

a_c	vůle ve vrcholu závitu	[mm]
d	Velký průměr závitu šroubu	[mm]
d'_3	Návrh malého průměru závitu šroubu	[mm]
D_1	Malý průměr závitu matice	[mm]
d_2	Střední průměr závitu šroubu	[mm]
d_3	Malý průměr závitu šroubu	[mm]
$d_{\text{čep}}$	Průměr čepu	[mm]
d_{l2}	Průměr vnější průměr ložiska	[mm]
d_p	Průměr páky	[mm]
D_r	Výpočet třecího průměru	[mm]
E	Modul pružnosti v tahu	[MPa]
f_1	Součinitel tření ocel - bronz	[-]
f_2	Součinitel tření ocel - ocel	[-]
$F_{\text{čep}}$	Síla na vytlačení čepu	[N]
F_G	Tíhová síla	[N]
$F_{\text{lož}}$	Síla na vytlačení ložiska	[N]
F_n	Napínací síla řetezu	[N]
F_p	Síla na páce	[N]
g	Gravitační zrychlení	[m·s ⁻¹]
H	Výška základního ISO trojúhelníku	[mm]
H_1	Nosná hloubka závitu	[mm]
h_m	Výška matice	[mm]
k_s	Součinitel statické bezpečnosti	[-]
k_{s1}	Statická bezpečnost rámu stahováku	[-]
k_{s2}	Statická bezpečnost ramen stahováku	[-]
k_{s3}	Statická bezpečnost zátky ložiska	[-]
$l_{\text{čep}}$	Délka čepu	[mm]
$l_{\text{lož}}$	Délka ložiska	[mm]
L_p	Délka páky	[mm]

m	Hmotnost	[kg]
M_o	Ohybový moment páky	[N·mm]
M_R	Moment tření závitu	[N·mm]
M_r	Moment tření kulové plochy	[N·mm]
$n_{otč}$	Počet otáček na vytlačení čepu	[-]
n_{otl}	Počet otáček na vytlačení ložiska	[-]
P	Rozteč závitu	[mm]
$p_{čep}$	Tlak vyvíjený na čep	[MPa]
p_D	Dovolený tlak pro matici	[MPa]
p_{max}	Maximální tlak od přesazení ložiska	[MPa]
r_1	Vnitřní poloměr ložiska	[mm]
r_2	Vnější poloměr ložiska	[mm]
r_3	Vnější poloměr rámu	[mm]
R_e	Mez kluzu	[MPa]
R_{K1}	Reakce v ose závěsu při náklonu 40°	[N]
R_{K2}	Reakce v ose závěsu při náklonu 38°	[N]
R_{K3}	Reakce v ose závěsu při náklonu 0°	[N]
R_{K4}	Reakce v ose závěsu při náklonu -15°	[N]
R_{Kx1}	Reakce v závěsu osy x při náklonu 40°	[N]
R_{Kx2}	Reakce v závěsu osy x při náklonu 38°	[N]
R_{Kx3}	Reakce v závěsu osy x při náklonu 0°	[N]
R_{Kx4}	Reakce v závěsu osy x při náklonu -15°	[N]
R_{Ky1}	Reakce v závěsu osy y při náklonu 40°	[N]
R_{Ky2}	Reakce v závěsu osy y při náklonu 38°	[N]
R_{Ky3}	Reakce v závěsu osy y při náklonu 0°	[N]
R_{Ky4}	Reakce v závěsu osy y při náklonu -15°	[N]
R_{V1}	Reakce v čepch vodiče při náklonu 40°	[N]
R_{V2}	Reakce v čepch vodiče při náklonu 38°	[N]
R_{V3}	Reakce v čepch vodiče při náklonu 0°	[N]
R_{V4}	Reakce v čepch vodiče při náklonu -15°	[N]
R_{Vx1}	Reakce v čepch vodiče ve směru osy x při náklonu 40°	[N]
R_{Vx2}	Reakce v čepch vodiče ve směru osy x při náklonu 38°	[N]
R_{Vx3}	Reakce v čepch vodiče ve směru osy x při náklonu 0°	[N]
R_{Vx4}	Reakce v čepch vodiče ve směru osy x při náklonu -15°	[N]
R_{Vy1}	Reakce v čepch vodiče ve směru osy y při náklonu 40°	[N]

R_{Vy2}	Reakce v čepech vodiče ve směru osy y při náklonu 38°	[N]
R_{Vy3}	Reakce v čepech vodiče ve směru osy y při náklonu 0°	[N]
R_{Vy4}	Reakce v čepech vodiče ve směru osy y při náklonu -15°	[N]
R_z	Poloměr zaoblení dna závitu	[mm]
R_{z1}	Poloměr zaoblení vrcholu závitu	[mm]
R_{z2}	Poloměr zaoblení dna závitu	[mm]
W_o	Modul průřezu v ohybu	[mm ³]
z	Počet závitů	[-]
$\alpha, \alpha_1, \alpha_2$	Vrcholové úhly závitu	[°]
β	Koeficient zohlednění zanedbatelného krutu	[-]
$\eta \uparrow$	Účinnost šroubu při vytlačování	[-]
$\eta \downarrow$	Účinnost šroubu při pohybu zpět	[-]
μ_1	Poissonovo číslo pro bronz	[-]
μ_2	Poissonovo číslo pro ocel	[-]
σ_d	Skutečné napětí ve šroubu	[MPa]
σ_D	Dovolené napětí šroubu	[MPa]
σ_{RED}	Redukované napětí šroubu	[MPa]
σ_{max}	Maximální napětí při zatížení	[MPa]
φ'	Třecí úhel závitu	[-]
Ψ	Úhel stoupání závitu	[-]
Δr_{max}	Maximální přesazení ložiska	[mm]

1 Úvod

Tato bakalářská práce je vytvořena ve spolupráci s podnikem VÍTKOVICE GEARWORKS a.s. a zabývá se demontáží kluzných ložisek na bočním shrnovači umístěném v teplárně Malešice.

Bakalářská práce navazuje na práci Bc. Grycze, který se zabýval návrhem kluzných ložisek a jejich trvanlivostí.

Úkolem této práce je navrhnout stahovák, kterým demontuje čep a následně bronzové ložisko. Jedná se o atypické uchycení a proto musí být stahovák navržen tak, aby vyhovoval rozměrovým parametrům stoje.

2 Stahováky ložisek

Stahováky ložisek slouží k demontáži ložisek z hřídelů a nábojů. Jejich konstrukce nebývá složitá. Parametry stahováku jsou maximální demontážní síla a rozpětí čelistí. K dispozici je mnoho různých typů a druhů stahováků, prodávají se samostatně nebo v celých sadách.

2.1 Základní rozdělení

Stahováky dělíme na:

- Mechanické
- Hydraulické

Podle počtu čelistí:

- Dvoučelistové
- Tříčelistové
- Čtyřčelistové

Dle způsobu použití:

- Jednoučelové
- Víceúčelové

2.1.1 Mechanické stahováky

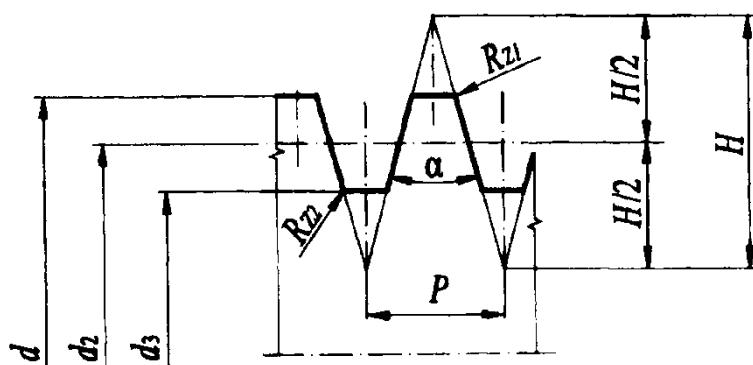
Tyto stahováky jsou typické pohybovým šroubem. Šrouby mají lichoběžníkové závity, které nám zajistí samosvornost. Používají se často na ložiska menších průměrů. Je velmi mnoho druhů a výrobců tohoto nářadí.

2.1.1.1 Lichoběžníkové závity

(1, str. 12)

- Lichoběžníkový rovnoramenný jednochodý závit Tr d x Ph ČSN 01 4050**

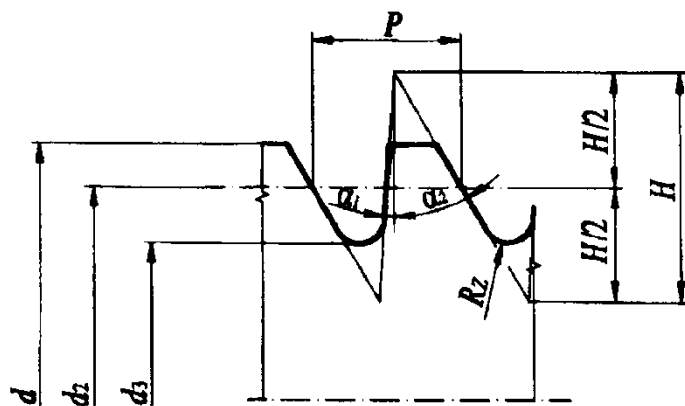
Velký průměr d [mm] odpovídá velikosti závitu šroubu. Má $\alpha = 30^\circ$, $H = 1,866 \cdot P$ [mm], $R_{Z1\text{ MAX}} = 0,25 \cdot (D_1 - d_3)$ [mm] a $R_{Z2\text{ MAX}} = 0,5 \cdot (D_1 - d_3)$ [mm]. Lichoběžníkový závit se snadno vyrábí. Používáme ho především pro pohybové šrouby, protože má poměrně malé tření v závitech a jednoduše lze vymezovat závitovou vůli vzniklou z opotřebení závitů.



Obr. 1 Lichoběžníkový rovnoramenný závit [1]

- Lichoběžníkový nerovnoramenný závit S d x Ph ČSN 01 4052**

Závit má úhel profilu $\alpha = 33^\circ$ rozdělený na 2 úhly $\alpha_1 = 3^\circ$ a $\alpha_2 = 30^\circ$, výšku základního trojúhelníku ISO $H = 1,5878 \cdot P$ [mm] a zaoblení dna $R_z = 0,12427 \cdot P$ [mm]. Lichoběžníkový nerovnoramenný závit používáme pro pohybové šrouby, u kterých přenášena osová síla působí pouze v jednom směru, poněvadž v opačném směru má závit větší tření, např. pro šroubový zvedák, šroubová vřetena lisů.



Obr. 2 Lichoběžníkový nerovnoramenný závit [1]

a) Jednoduché stahováky

Používá mnoho obyčejných stahováku, jde většinou o mechanické stahováky. Na trhu se objevuje mnoho těchto stahováku, jsou poměrně levné. Často bývají multifunkční, lze měnit: délka, vnitřní – vnější upnutí.



Obr. 3 Stahovák extra dlouhý [8]



Obr. 4 Stahovák ložisek 2J – 76 [7]



Obr. 5 Stahovák tříramenný [9]



Obr. 6 Stahovák 2 – ramenný [7]

b) Masivní stahováký se zadním uchycením (12, str. 22)

Masivní stahováký se zadním uchycením umožňují zachytit ložisko zezadu tam, kde už z důvodu místa nejde použít stahováký čelistový (obr. 7). Zadní uchycení umožňuje také působit demontážní silou přímo na vnitřní kroužek ložiska, čímž se výrazně sníží nebezpečí poškození ložiska přenosem sil přes valivá tělesa a oběžné dráhy. Výrazně také klesne požadovaná síla nutná pro demontáž ložiska.



Obr. 7 Stahováký se zadním úchytem [10]

c) Stahováký řady TMMA (10, str. 38)

Hydraulické stahováký řady TMMA jsou vybaveny jedinečným rozvíracím mechanismem, který si společnost SKF nechala patentovat. Ramena lze rozevřít jednoduchým stlačením dvou ergonomicky tvarovaných červených kotoučů, které jsou předepjaty pružinami. Upevníte ramena za demontovaný díl (obr. 8). Jakmile uvolníte kotouče předepjaté pružinami, ramena automaticky sevřou demontovaný díl. Tím je zajištěno, že se stahováký neuvolní při působícím zatížení. Stahováký jsou samosvorné, a tedy díly jsou sevřeny tím pevněji, čím je větší demontážní síla.



Obr. 8 Stahováký TMMA [10]

d) Těžké čelistové stahováky TMMP (10, str. 22)

Stahováky jsou vhodné k demontáži středních až velkých ložisek a dalších strojních součástí. Unikátní pantografický systém seřizování šířky uchycení vyrovnává nesouosost během demontáže, a snižuje tak nebezpečí poškození hřídele nebo ložiska (obr. 9).



Obr. 9 Stahovák TMMP [10]

e) Stahováky pro jednořadá kuličková ložiska (10, str. 48)

Souprava TMMD je určena především pro demontáž jednořadých kuličkových ložisek, jejichž oba kroužky jsou uloženy s přesahem (obr. 10). Stahovák lze použít pro demontáž jednořadých kuličkových ložisek ze slepých děr nebo z hřídele. Stahovák TMMD umožňuje demontovat kromě otevřených ložisek i utěsněná ložiska po odstranění těsnění. V závislosti na požadované demontážní síle lze stahovák využít i pro demontáž ložiskových jednotek Y.



Obr. 10 Stahovák pro kuličková ložiska [10]

f) Stahovák pro demontáž ložisek ze slepých děr (10, str. 56)

Stahovák byl zvlášť vyvinut pro demontáž kuličkových ložisek ze slepých ložiskových těles (kdy nelze stahovák uchytit za vnitřní ani vnější kroužek) a z hřídelí o průměru 30 až 160 mm. Při demontáži kuličkových ložisek stahovákem TMBP je třeba odstranit část klece, ložiska odvrátit vrtákem nebo odříznout řezným nástrojem. Do vytvořených mezer zasuněte kulové nástavce tak, aby plošky byly obráceny k oběžným dráhám. Otočením o 90° pevně uchytnete nástavce v demontážní poloze. Kulové nástavce jsou spojeny rameny s příčným nosníkem, jímž prochází závitové vřeteno. Demontážní síla je vyvozena vřetenem stahováku (obr. 11). Pokud chcete zabránit poškození hřídele, nasadte na konec vřetena ochrannou krytku se speciální pojišťovací funkcí.



Obr.11 Stahovák ložisek ze slepých děr [10]

g) Stahováky vnitřních ložisek (10, str. 52)

Soupravy stahováků umožňují demontovat ložiska z těles po demontáži hřídele (obr. 12). Pro demontáž ložisek jsou určeny jedinečné kleštiny, které lze zasunout do díry ložiska a spolehlivě upevnit za jeho vnitřní kroužek (obr. 13). Souprava obsahuje kleštiny, které pokrývají řadu rozměrů. Stahovací síla je vyvozena kluzným kladivem, které je ergonomicky tvarované a umožňuje účinně vyvinout potřebnou sílu.



Obr. 12 Stahovák vnitřních ložisek [10]



Obr. 13 Aplikace stahováku [10]

h) Vnitřní stahováky kuličkových ložisek řady 4521 (10, str. 50)

Dřík vytahovače má několikanásobné drážky (1 - 4). To dovoluje rovnoměrné roztažení na obvodu a bezpečné přemístění kuličkových ložisek. Pro vytažení kuličkových ložisek ze skříňe, vnějších kroužků kuličkových ložisek, vložek a olejových těsnění. Vytahovač č. 4521 se vloží do vrtání kuličkového ložiska tak, aby zkosené břity čelistí vytahovače byly umístěny za vnitřním kroužkem (obr. 14). Toto je možné dokonce i v případě, že ložisko sedí těsně proti zadní stěně, poněvadž okraje vnitřního kroužku jsou zaobleny.



Obr. 14 Stahovák vnitřních kuličkových ložisek [10]

2.1.2 Hydraulické stahováky

a) Trojdílná zadní uchycení řady TMMS (10, str. 35)

Trojdielná zadní uchycení řady TMMS jsou určena speciálně k použití v kombinaci s trojramennými stahováky. Trojdielná zadní uchycení řady TMMS usnadňují a zjednodušují demontáž ložisek, zvláště soudečkových ložisek a ložisek CARB®, která by měla být znovu použita. Také zjednodušují demontáž jiných součástí než ložisek, např. řemenic nebo setrvačnicků, zvláště tam, kde není možné uchopit součást po vnějším obvodu (obr. 16).

Trojdielná zadní uchycení řady TMMS umožňují zachytit za vnitřní kroužek ložiska. Toto umístění brání přenosu tažných sil přes vnější kroužek a valivá tělesa, a snižuje tak na minimum riziko poškození ložiska. Trojdielná zadní uchycení řady TMMS se vyznačují speciální konstrukcí s vystupujícím profilem na ploché straně. Díky tomu těsně dosedají za vnitřní kroužek a snižují sílu potřebnou k demontáži. Navíc stahování za vnitřní kroužek pomáhá předejít poškození ložiska a umožňuje jeho opětovné použití. Trojdielná konstrukce stahovacích desek (obr. 15) umožňuje rovnoměrné rozložení tažných sil a snižuje nebezpečí naklopení ložiska během demontáže, zvláště pak u soudečkových ložisek a ložisek CARB®. Trojdielné provedení také dovoluje použití libovolného tříramenného stahováku.



Obr. 15 Zadní uchycení [10]

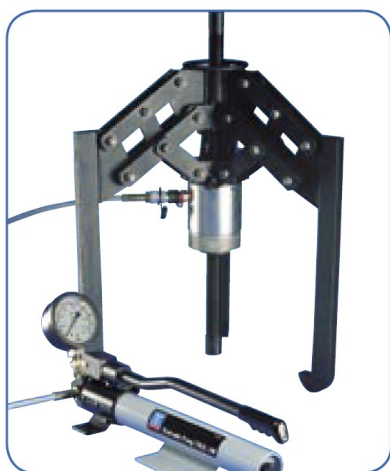


Obr. 16 Stahovák TMMS [10]

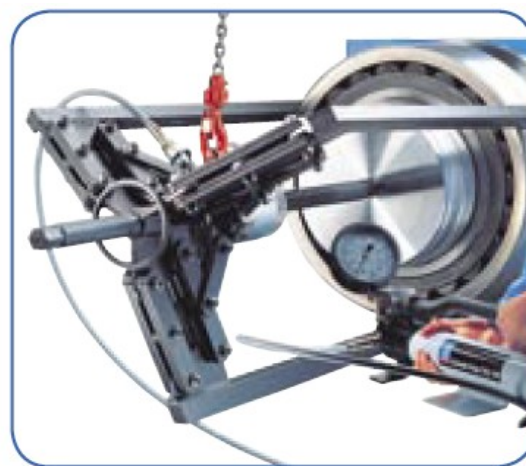
b) Těžké hydraulické čelist'ové stahováky řady TMHP (10, str. 24)

Maximální demontážní síla 15 až 50 tun (33,700 - 112,000 lbf) předurčuje tyto mimořádně výkonné samo-středicí stahováky k demontáži velkých ložisek a dalších strojních součástí (obr. 17). Díky rovnoměrnému rozložení stahovací síly snižují stahováky THMP potřebnou demontážní sílu na minimum a výrazně omezují nebezpečí poškození hřídele nebo ložiska (obr. 18).

Stahováky TMHP 15/30/50 představují výkonnější verzi stahováků TMMP 6/10/15 pro těžký provoz. Všechny se s ohledem na usnadnění demontáže dodávají s hydraulickým válcem. Využitelné rozpětí těchto stahováků je 195 až 506 mm (7.7 - 19.9 in) a k dispozici jsou tři různé délky ramen.



Obr. 17 Stahovak TMHP [10]



Obr. 18 Stahovák TMHP [10]

c) Pojízdne stahovací stanice pro těžký provoz (12, str. 34)**Enforcer 55**

- 55 tun – hydraulicky nastavitelná výška
- dvoustupňový elektroagregát
- maximální stahovací průměr 1219 mm

*Obr. 19 Enforcer 55 [12]***Enforcer 100**

- 100 tun – hydraulicky nastavitelná výška
- elektroagregát
- maximální stahovací průměr 1219 mm

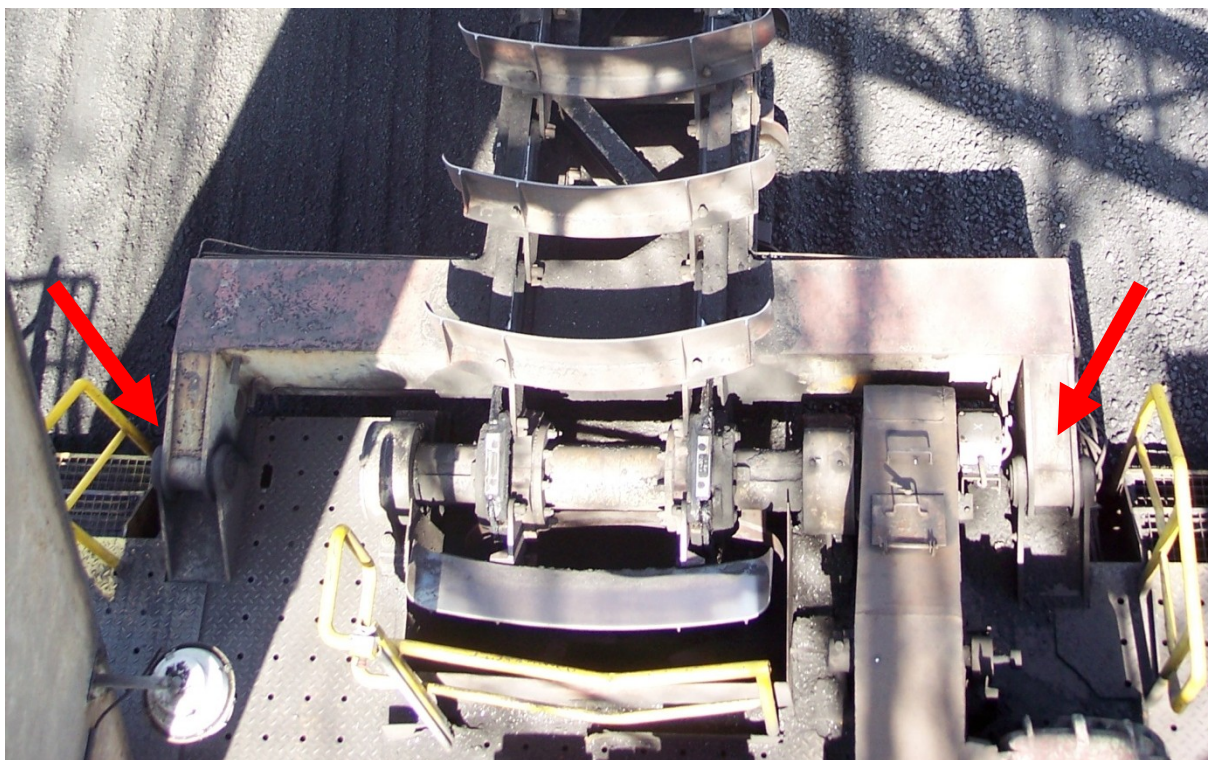
*Obr. 20 Enforcer 100 [12]*

3 Boční shrnovač

Shrnovací řetěz s hřebly shrnuje materiál na odsunový dopravní pás, který je podél celé délky skládky umístěn u paty hromady. Shrnovač pojíždí po kolejích podél hromady (obr. 21), po dosažení krajní polohy se vodič spustí do záběru a odebírá se další tříska. Při vhodné metodě zakládání se dosahuje dobrého stupně homogenizace.



Obr. 21 Boční shrnovač SCK 2,5/19 x 14,5

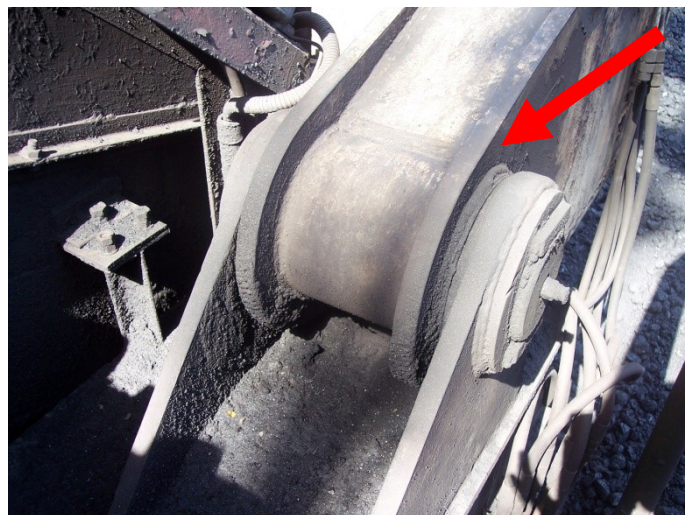


Obr. 22 Pohyblivý vodič shrnovače

Na těchto fotografiích je znázorněno pomocí červených šipek kloubové spojení pohybového vodiče a pevného rámu shrnovače. Toto spojení budou demontovány pomocí navrženého stahováku.



Obr. 23 Levý kloub shrnovače



Obr. 24 Pravý kloub shrnovače

3.1 Požadavkový list

Specifikace požadavku:	podmínka	přání
Konstrukce:		
jednoduchá	x	
ochrana proti korozi	x	
Provoz:		
údržba minimální		x
bezpečná obsluha	x	
snadná obsluha	x	
Ekonomie:		
minimální výrobní náklady	x	
minimální náklady na provoz	x	
Výroba:		
kusová	x	
Předpisy a normy:		
bez porušení patentových práv	x	
Vzhled:		
uspokojivý tvar		x

Tab. 1 Seznám požadavků

3.2 Výpočet reakcí v podporách nosníku

Výpočet reakcí převzán od Pana Grycze viz. literatura [3]

Pohyblivý vodič se dá uvažovat, jako jednoduchý nosník na dvou podporách. V místě spojení vodiče s rámem je kloubová podpora. Závěs se dá zjednodušeně řešit jako posuvná kloubová podpora, kdy hřídel spojující závěs s vodičem přenáší zatížení do kladek na závěsu. Síly zatěžující ložiska se zjistí uvolněním nosíku a výpočtem reakcí v místech podpor. Reakce se počítají ve čtyřech stupních naklonění vodiče, konkrétně:

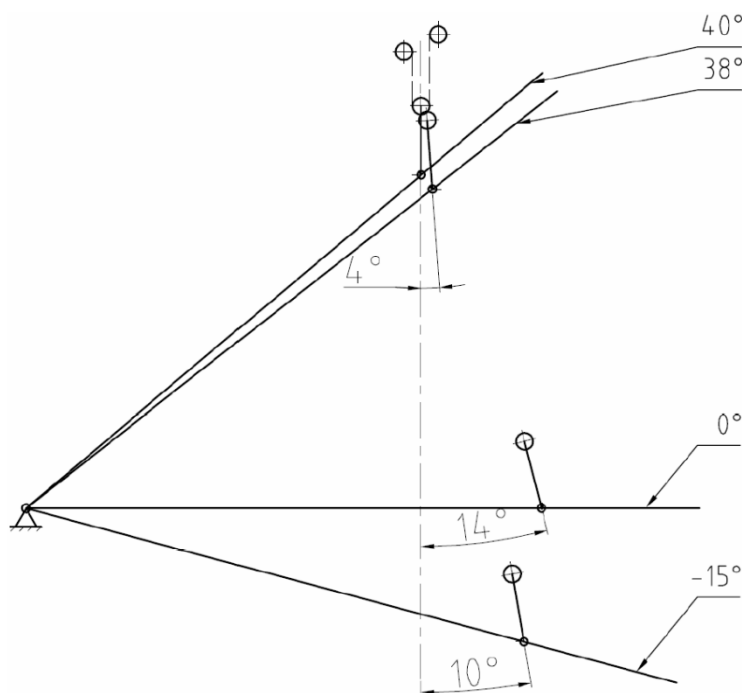
40° - maximální zdvih vodiče – používáný při přejezdech přiček mezi boxy

38° - sypný úhel materiálu – úhel při kterém vodič začne shrnovat materiál a začíná působit napínací síla

0° - úhel při němž tíha působí pouze ve směru osy y a napínací síla jen ve směru osy x

15° - maximální ponor vodiče

Zatímco tíhová síla vodiče působí vždy kolmo dolů a napínací síla působí v ose nosníku, tak závěs vodiče bude natočen vždy o jiný úhel. Je to způsobeno tím, že vodící kladky nejsou pohyblivé. Vodící kladky jsou v jedné rovině se závěsem pouze v nejvyšší poloze vodiče, ve všech ostatních polohách se závěs za vodícími kladkami naklání.

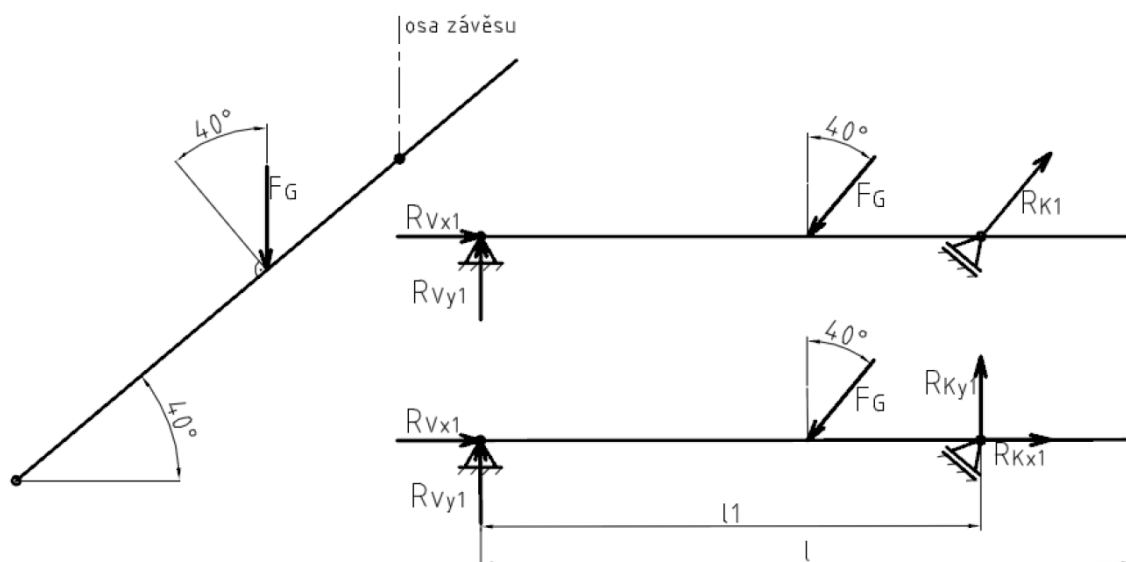


Obr. 25 Naklápění závěsu [3]

Potřebujeme vypočítat reakce v kloubové podpěře, abychom mohli zjistit výtlačnou sílu čepu. Hledáme polohu vodiče s co nejmenší silou v kloubové podpěře. Při výpočtu nebudu počítat s napínací silou, před montáží se předpětí v řetězu odstraní. Tím nebude působit síla F_n . Vodič budeme počítat ve čtyřech polohách (obr. 25)

Kolega Grycz počítal reakce s napínací silou F_n . Ve výpočtech ve kterých nebyla napínací síla počítaná, tak jsou napsány jen výsledky převzatých hodnot. Výpočty, kde bylo s napínací silou počítáno, tak výpočty jsou upraveny a rozepsány.

Velikost reakcí při 40° náklonu

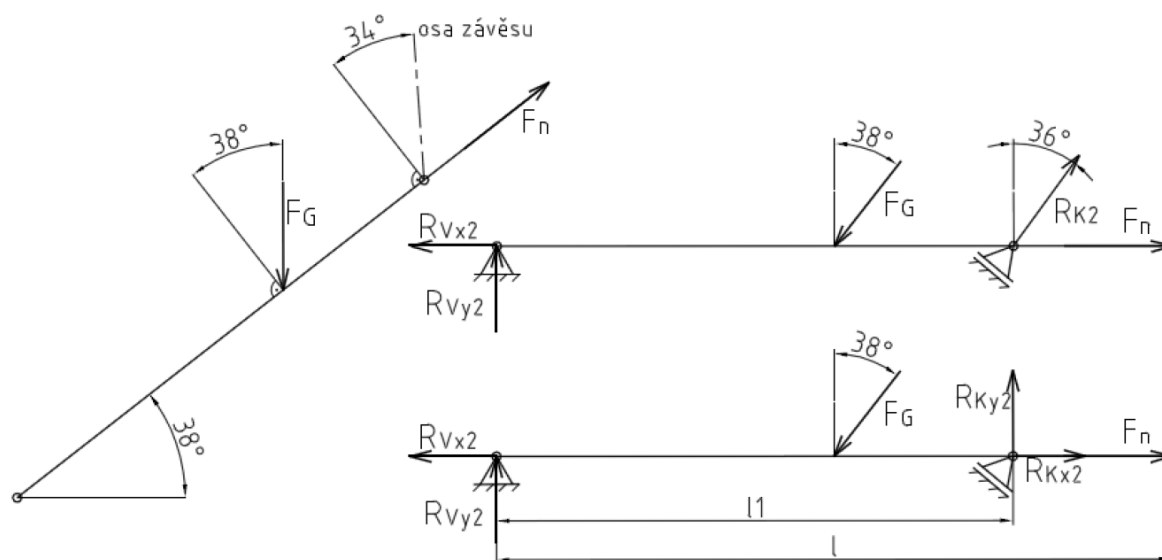


Obr. 26 Uvolnění nosníku při 40° [3]

$$F_G = 137791N \quad R_{Vx1} = 30667N \quad R_{Vy1} = 36548N \quad R_{Ky1} = 69006N$$

$$R_{Kx1} = 57902N \quad R_{K1} = 90081N$$

$$R_{V1} = 47710N$$

Velikost reakcí při 38° náklonu

Obr. 27 Uvolnění nosníku při 38° [3]

$$R_{Vy2} = 37596N \quad R_{Ky2} = 70984N \quad R_{Kx2} = 47879N \quad R_{K2} = 85623N$$

$$\sum F_{ix} = 0$$

$$R_{Vx2} + F_G \cdot \sin 38^\circ - R_{Kx2} = 0 \quad (1)$$

$$R_{Vx2} = R_{Kx2} - F_G \cdot \sin 38^\circ$$

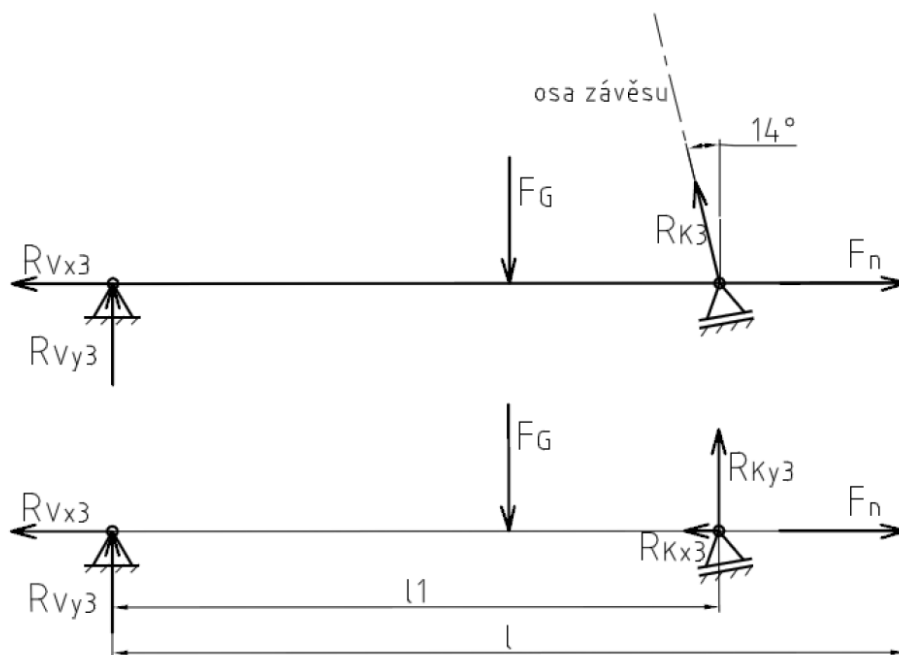
$$R_{Vx2} = 47879 - 137791 \cdot \sin 38^\circ$$

$$R_{Vx2} = -36953N$$

$$R_{V2} = \sqrt{R_{Vx2}^2 + R_{Vy2}^2} \quad (2)$$

$$R_{V2} = \sqrt{(-36953)^2 + 37596^2}$$

$$R_{V2} = 52716N$$

Velikost reakcí při 0° náklonu

Obr. 28 Uvolnění nosníku při 0° [3]

$$R_{Vy3} = 47710N \quad R_{Ky3} = 90081N \quad R_{Kx3} = 22459N \quad R_{K3} = 92838N$$

$$\sum F_{ix} = 0$$

$$R_{Vx3} + R_{Kx3} = 0 \quad (3)$$

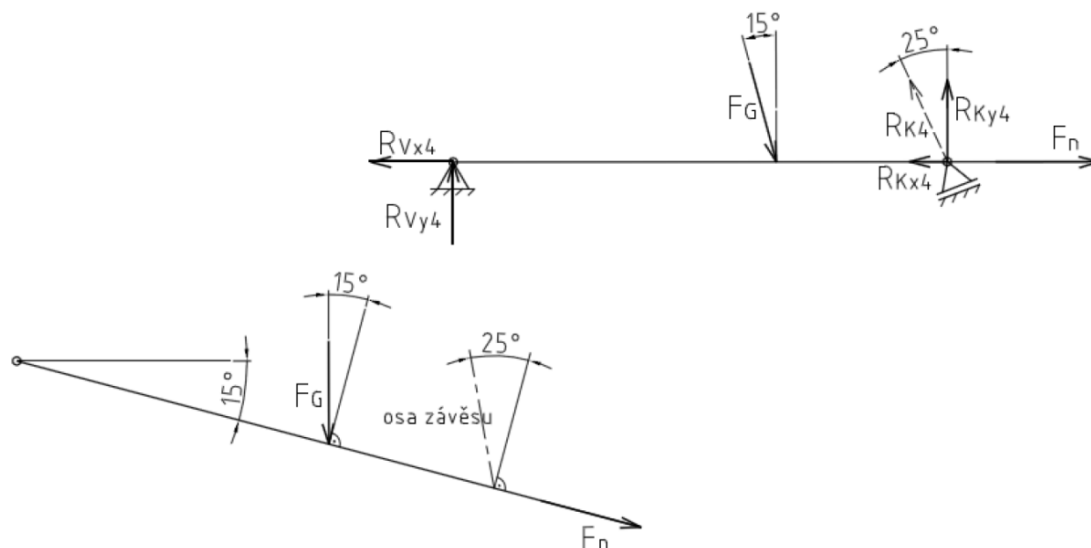
$$R_{Vx3} = -R_{Kx3}$$

$$R_{Vx3} = -22459N$$

$$R_{V3} = \sqrt{R_{Vx3}^2 + R_{Vy3}^2} \quad (4)$$

$$R_{V3} = \sqrt{(-22459)^2 + 47710^2}$$

$$R_{V3} = 52732N$$

Velikost reakcí při -15° náklonu

Obr. 29 Uvolnění nosníku při -15° [3]

$$R_{Vy4} = 46084N \quad R_{Ky4} = 87011N \quad R_{Kx4} = 40574N \quad R_{K4} = 96006N$$

$$\sum F_{ix} = 0$$

$$R_{Vx4} - F_G \cdot \sin 15^\circ + R_{Kx4} = 0 \quad (5)$$

$$R_{Vx4} = F_G \cdot \sin 15^\circ - R_{Kx4}$$

$$R_{Vx4} = 137791 \cdot \sin 15^\circ - 40574$$

$$R_{Vx4} = -4911N$$

$$R_{V4} = \sqrt{R_{Vx4}^2 + R_{Vy4}^2} \quad (6)$$

$$R_{V4} = \sqrt{(-4911)^2 + 46084^2}$$

$$R_{V4} = 46345N$$

3.3 Vyhodnocení výpočtu reakcí v kloubech

Úhel natočení vodiče	Velikost síly v kloubech
40°	47710 N
38°	52716 N
0°	52732 N
-15°	46345 N

Tab. 2 Velikost reakcí v kloubech

Z tabulky vidíme, že při -15° je síla nejmenší, proto volíme tuto polohu k demontáži čepů.

4 Výpočet demontážních sil

4.1 Výpočet síly pro vytlačení čepu

Tření mezi ocelí a bronzem (6, str. 413)

Nízko uhlíková ocel smykového tření 0,08 a statické 0,1

Tření mezi oceli a bronzem (5, str. 145)

Ocel – bronz za klidu

- za sucha 0,15
- mazané 0,1 - 0,15

Součinitel tření volím 0,09 podle (6, str. 413)

$$F_{\text{čep}} = \pi \cdot d_{\text{čep}} \cdot p \cdot l_{\text{čep}} \cdot f$$

$$F_{\text{čep}} = \pi \cdot 100 \cdot 1,1 \cdot 210 \cdot 0,09$$

$$F_{\text{čep}} = 6531 \text{ N} \tag{7}$$

$$F = m \cdot g$$

$$m = \frac{F_{\text{čep}}}{g} = \frac{6531}{9,81} = 665,8 \text{ kg} \cong 0,7 \text{ t} \tag{8}$$

4.1.1 Výpočet tlaku na jeden čep

(9)

$$p_{\text{čep}} = \frac{R_{V4}}{S} = \frac{R_{V4}}{(d_{\text{čep}} \cdot l_{\text{čep}}) \cdot 2} = \frac{46345}{(100 \cdot 210) \cdot 2} = 1,1 \text{ MPa}$$

Na demontáž jednoho čepu bude muset vyvolat sílu cca 6.5 kN.

4.2 Výpočet síly pro vytlačení ložiska

(10)

$$F_{\text{lož}} = \pi \cdot d_{l2} \cdot p_{\text{max}} \cdot l_{\text{lož}} \cdot f_1$$

$$F_{\text{lož}} = \pi \cdot 115 \cdot 9,37 \cdot 100 \cdot 0,09$$

$$F_{\text{lož}} = 30467 \text{ N}$$

(11)

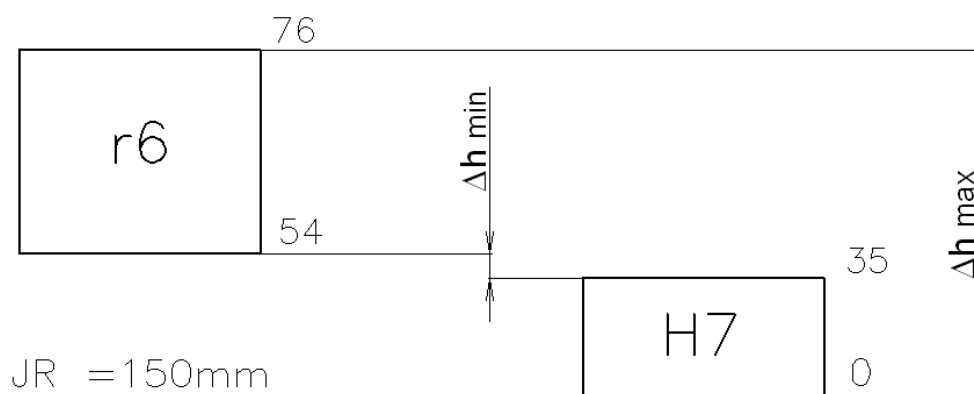
$$F = m \cdot g$$

$$m = \frac{F_{\text{lož}}}{g} = \frac{30467}{9,81} = 3105 \text{ kg} \cong 3,1 \text{ t}$$

Na demontáž kluzného ložiska budeme muset vyvinout sílu cca 30.5 kN.

4.2.1 Výpočet tlaku od přesazení

Kluzné ložisko je nalisováno s přesazením r6/H7



Obr. 30 Uložení kluzného ložiska

Výpočet podle (5, str. 570), tabulka 6.38

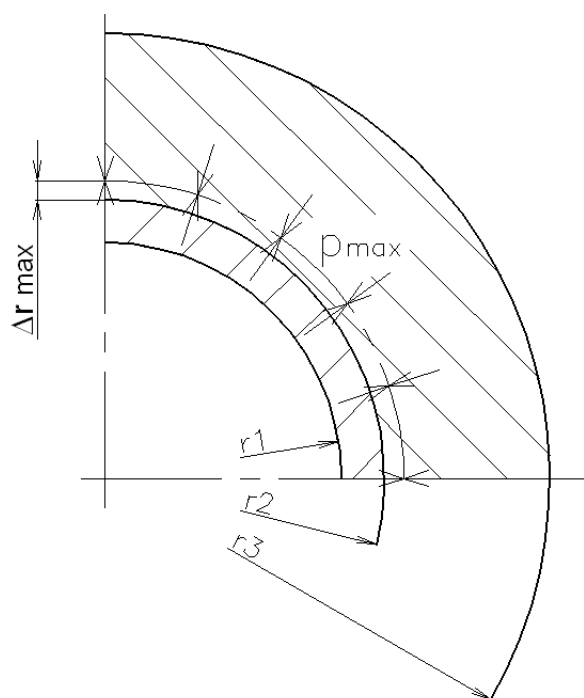
Hodnoty μ , dle (6, str. 1095)

$$\Delta r_{\max} = p_{\max} \cdot \left[\frac{r_2}{E_2} \cdot \left(\frac{r_2^2 + r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} + \mu_2 \right) + \frac{r_2}{E_1} \cdot \left(\frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} - \mu_1 \right) \right]$$

$$p_{\max} = \frac{\Delta r_{\max}}{\left[\frac{r_2}{E_2} \cdot \left(\frac{r_2^2 + r_3^2}{r_3^2 - r_2^2} + \mu_2 \right) + \frac{r_2}{E_1} \cdot \left(\frac{r_2^2 + r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} - \mu_1 \right) \right]} \quad (12)$$

$$p_{\max} = \frac{0,038}{\left[\frac{57,5}{2,1 \cdot 10^5} \cdot \left(\frac{57,5^2 + 90^2}{90^2 - 57,5^2} + 0,3 \right) + \frac{57,5}{1,19 \cdot 10^5} \cdot \left(\frac{57,5^2 + 50^2}{57,5^2 - 50^2} - 0,326 \right) \right]}$$

$$p_{\max} = 9,37 \text{ MPa}$$



Obr. 31 Přesah kluzného ložiska

5 Navrhování pohybového agregátu

V tomto bodě je navrhován výtlačný agregát pro maximální sílu (11). Tato síla je potřebná k vytlačení kluzného ložiska. V první variantě bude počítaný přenos síly pomocí pohybového šroubu. Na konci výpočtu provedu zhodnocení této varianty. Druhá varianta je přenos síly pomocí hydraulického válce. Tak též provedu zhodnocení varianty dvě. Nakonec vyberu výhodnější variantu, a na tu přizpůsobím konstrukci stahováku.

5.1 Návrh pohybového šroubu

Výpočet proveden podle příručky Pana Kalába viz. literatura [2]



Obr. 32 Návrh šroubového stahováku

Výpočet:

Výpočet malého průměru závitu d_3 :

Bezpečnostní součinitel volím $k_s=2[-]$

Koeficient zohledňující zanedbaný vliv zatím neznámého krutu na výsledné namáhání, pro jednochodé závity $\beta=1,3[-]$

Koeficient smykového tření pro kombinaci materiálu ocel-ocel $f_z=0,15[-]$

$$\beta \cdot \sigma_d \leq \sigma_D$$

$$\beta \cdot \frac{F_{\text{lož}}}{\frac{\pi \cdot d_3'^2}{4}} \leq \frac{R_e}{k_s}$$

$$d'_3 \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{\beta \cdot k_s \cdot F_{\text{lož}}}{\pi \cdot R_e}} \geq 2 \cdot \sqrt{\frac{1,3 \cdot 2 \cdot 30467}{\pi \cdot 320}} \geq 17,75 \text{ mm} \quad (13)$$

$d'_3 \geq 17,75 \text{ mm} \Rightarrow$ volím šroub dle ČSN 01 4050: **Tr 26x5**

Geometrické parametry závitu (2, str. 14)

d	26	[mm]
D	26,5	[mm]
d ₂	23,5	[mm]
d ₃	20,5	[mm]
D ₁	21	[mm]
P	5	[mm]
e	0,5	[mm]
α	30	[°]

Tab. 3 Parametry závitu [2]

Úhel stoupání:

$$\psi = \arctg \frac{P}{\pi \cdot d_2} = \arctg \frac{5}{\pi \cdot 23,5} = 3^\circ 52' \quad (14)$$

Třecí úhel:

$$\varphi' = \arctg \frac{f_z}{\cos \frac{\alpha}{2}} = \arctg \frac{0,15}{\cos \frac{30}{2}} = 8^\circ 49' \quad (15)$$

Kontrola samosvornosti:

$$\psi \leq \varphi'$$

$3^\circ 52' \leq 8^\circ 49' \Rightarrow$ Závít je samosvorný.

Pevnostní kontrola:

$$\sigma_d = \frac{F_{\text{lož}}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{30467}{\frac{\pi \cdot 23,5^2}{4}} = 70,2 \text{ MPa} \quad (16)$$

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{F_{lož} \cdot \operatorname{tg}(\psi + \varphi') \cdot d_2}{2 \cdot \frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{30467 \cdot \operatorname{tg}(3,87 + 8,81) \cdot 23,5 \cdot 8}{\pi \cdot 20,5^3} = 47,6 \text{ MPa} \quad (17)$$

$$\sigma_{\text{RED}} = \sqrt{\sigma_d^2 + 4 \cdot \tau_k^2} = \sqrt{70,2^2 + 4 \cdot 47,6^2} = 118,3 \text{ MPa} \quad (18)$$

$$\sigma_D = \frac{R_e}{k_s} = \frac{320}{2} = 160 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{\text{RED}} \leq \sigma_D \quad (19)$$

$$118,3 \text{ MPa} \leq 160 \text{ MPa}$$

Průměr d_3 v pevnostní kontrole vyhověl.

Výpočet výšky matice:

dovolený tlak $p_D = 20 \text{ MPa}$

Nosná hloubka závitu:

$$H_1 = \frac{d - D_1}{2} = \frac{26 - 21}{2} = 2,5 \text{ mm} \quad (20)$$

Potřebný počet závitu matice:

$$z \geq \frac{F_{lož}}{\pi \cdot d_2 \cdot H_1 \cdot p_D} = \frac{30467}{\pi \cdot 23,5 \cdot 2,5 \cdot 20} \geq 8,25 \quad (21)$$

Volím $z = 9$ závitu.

Výška matice:

$$h_m = z \cdot P = 9 \cdot 5 = 45 \text{ mm} \quad (22)$$

Dimenzování páky:

f_2	0,15	[-]
D'	26	[mm]
F_p	200	[N]
k_s	2	[-]

Tab. 4 Parametry pro výpočet páky

Volím materiál páky: 11 140

Výpočet třecího průměru:

$$D_r = \left(\frac{1}{2} \div \frac{1}{3}\right) D' = \frac{1}{2} \cdot 26 = 13\text{mm} \quad (23)$$

$$M_R = F_{\text{lož}} \cdot \text{tg}(\psi + \varphi') \cdot \frac{d_2}{2} = 30467 \cdot \text{tg}(3,87 + 8,81) \cdot \frac{23,5}{2} = 80544,6\text{Nmm} \quad (24)$$

$$M_r = \frac{F_{\text{lož}}}{2} \cdot f_2 \cdot D_r = \frac{30467}{2} \cdot 0,15 \cdot 13 = 29705,3\text{Nmm} \quad (25)$$

$$L_p = \frac{M_r + M_R}{F_p} = \frac{29705,3 + 80544,6}{200} = 551,2\text{mm} \quad (26)$$

Volím $L_p = 600\text{mm}$

Výpočet průměru páky:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F_p \cdot L_p}{\frac{\pi \cdot d_p^3}{32}} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_{oD} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{510}{2} = 255\text{MPa} \quad (27)$$

$$d_p = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot F_p \cdot L_p}{\pi \cdot \sigma_{oD}}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 200 \cdot 600}{\pi \cdot 255}} = 16,8\text{mm} \quad (28)$$

Průměr páky nebývá menší než 20 mm proto volím $d_p = 20\text{mm}$.

Účinnost šroubového stahováku:

Při vytlačování

$$\eta_{\uparrow} = \frac{F_{lož} \cdot s}{M_k \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{F_{lož} \cdot \pi \cdot d_2 \cdot tg \psi}{(M_r + M_R) \cdot 2 \cdot \pi} = \frac{30467 \cdot 23,5 \cdot tg 3,87}{(29705,3 + 80544,6) \cdot 2} = 0,22 \quad (29)$$

Při pohybu zpět

$$\eta_{\downarrow} = 1 - \frac{tg(\varphi' - \psi)}{tg \varphi'} = 1 - \frac{tg(8,81 - 3,87)}{tg 8,81} = 0,44 \quad (30)$$

Počet otáček pro demontáž:

1 otáčka šroubu = 5 mm

Pro čep

$$n_{otč} = \frac{l_{čep}}{p} = \frac{210}{5} = 42 \text{ otáček} \quad (31)$$

Pro ložisko

$$n_{otl} = \frac{l_{lož}}{p} = \frac{100}{5} = 20 \text{ otáček} \quad (32)$$

Shrnutí výpočtu:

Šroub Tr 26x5

Síla na páce cca 200N

Délka páky 600mm

Účinnost šroubu při vytlačování, 22%

Počet otáček pro demontáž jednoho kloubu 62

5.2 Návrh hydraulického zařízení

Volba hydraulického zařízení bude navazovat na výpočet (11). Pro toto sílu bude volený hydraulický válec. Hydraulické zařízení nebude vyráběno, z důvodu ekonomických. Volit budu podle katalogu. Na trhu je mnoho firem, které tato zařízení nabízí. Hledat budu hydraulický válec pro demontážní sílu (11). Kluzné ložisko bude demontováno vytlačním. A to z důvodu, hydraulické válce mají výtlačnou sílu několika násobně větší než tažnou. Dvočinné válce potřebují větší množství hydraulického oleje než válce jednočinné. S větším množstvím oleje rostou také nároky na hydraulické čerpadlo. A z toho důvodu budeme volit jednočinný hydraulický válec. Je levnější, hydraulické zařízení je lehčí a pro náš případ výhodnější. Součásti jsou vybírány z katalogu firmy LARZEP. A to z důvodu, že parametry zařízení vyhovují našim potřebám.

Jednočinné hydraulické válce s vratnou pružinou model SM

Capacity	Stroke	Model	Oil Cap.	A	Weight
Capacidad	Carrera	Modelo	Volumen		Peso
Kapazität	Hub	Modell	Ölvol.		Gewicht
Tn	mm	LARZEP	cm ³	mm	Kg
5	25	SM00502	18	110	1
	76	SM00508	54	168	1,5
	127	SM00513	90	219	1,9
	180	SM00518	128	276	2,4
	232	SM00523	164	328	2,8

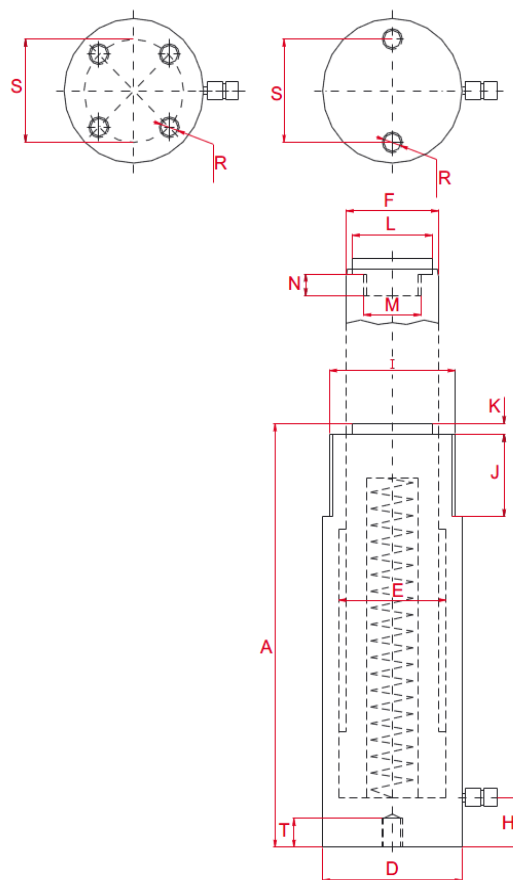
Tab. 5 Válce SM pro maximální zátěž 5t [11]

Z tabulky volíme hydraulický válec o výtlačné síle 5t. Délka čepu je 220mm, a proto volím délku výsuvné části 232mm. Kapacita oleje je 164cm³ a váha válce 2,8kg. Typ válce **SM00523**.

Rozměrové parametry válce SM00523

Důležité hodnoty pro konstrukci rámu stahováku

- A – celková délka válce
- D – průměr válce
- J – délka závitů
- I – průměr závitu
- K – délka přesahující konec závitů



Area	D	E	F	H	I	J	K	L
Area								
Fläche								
cm ²	mm	mm	mm	mm		mm	mm	mm
7	40	30	25	19	1 1/2"-16	28	6	25



M	N	R	S	T
	mm		mm	mm
3/4"-16	14	1/4"-20	25	14

Tab. 6 Rozměrové parametry válce [11]

Volba ručního hydraulického čerpadla

Typ ručního čerpadla volíme dle tabulky výrobce LARZEP.

	Tn	STROKE / CARRERA / HUB (mm)												
		25	50	75	100	125	150	175	200	225	250	300	325	350
Capacity Capacidad Kapazität	5													
	10													
	15													
	23													
	30													
	50													
	75													
	100													
	140													
	220													

 Single Acting / Simple Efecto / Einfach wirkend W00307
 Double Acting / Doble Efecto / Doppelt wirkend X22307

Tab. 7 Určení hydraulického čerpadla [11]

Z tabulky vidíme, že se pohybujeme v modrých polích. Pro náš případ síla 5t a výsuvná délka 232mm. Hodnoty dle tabulky jsou orientační. Počítají s velkou rezervou oleje. Rezerva vzniká z důvodu, započítání větší délky hadic v tabulce.

A proto volím ruční čerpadlo **W00307**

Speeds	Usable oil	Model
Etapas	Aceite útil	Modelo
Stufen	Nutzbar. Ölvol	Modell
Nº	cm³	LARZEP
1	240	W00307
1	660	W10707
2	660	W20707

Tab. 8 Ruční čerpadla [11]

Kontrola

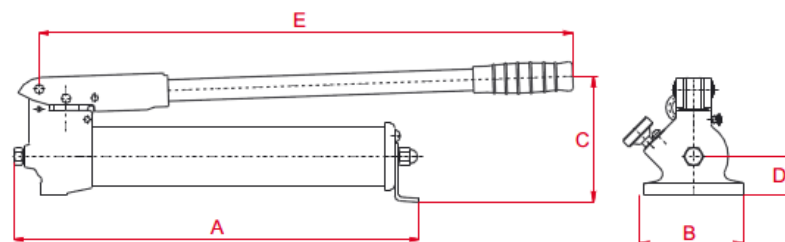
Kapacita oleje válce je 164cm³

Na jeden metr hadice připadá 35 cm³ oleje. Volím délku dle katalogu 1,5m což je 52,5cm³ oleje.

Celkem 216,5cm³ < 240cm³

Vyhovuje

Parametry čerpadla:

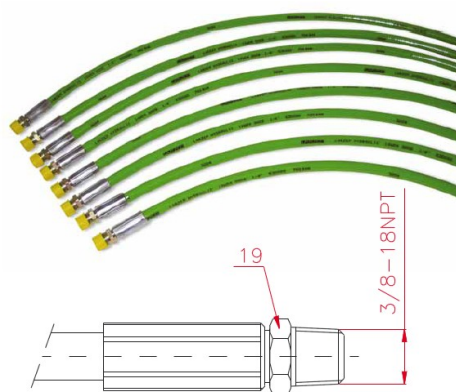


Oil displacement per stroke (cm ³)		Pressure rating (bar)		A	B	C	D	E	Weight
Caudal por embolada (cm ³)		Presión de disparo (bar)							Peso
Fördervolumen/Kolbenhub (cm ³)		Max. Betriebsdruck (bar)							Gewicht
1° Stage 1ª Etapa 1. Stufe	2° Stage 2ª Etapa 2. Stufe	1° Stage 1ª Etapa 1. Stufe	2° Stage 2ª Etapa 2. Stufe	mm	mm	mm	mm	mm	kg
-	2,2	-	700	340	100	110	20	380	2,7

Tab. 9 Parametry ručního čerpadla [11]

Volba hadic

Hadice jsem volil dle katalogu LARZEP. Hadice se volí podle koncovky na válci a ručním čerpadle. V mém případě jsou koncovky 3/8 NPT. Výrobce stanovený maximální tlak 700 Barů.



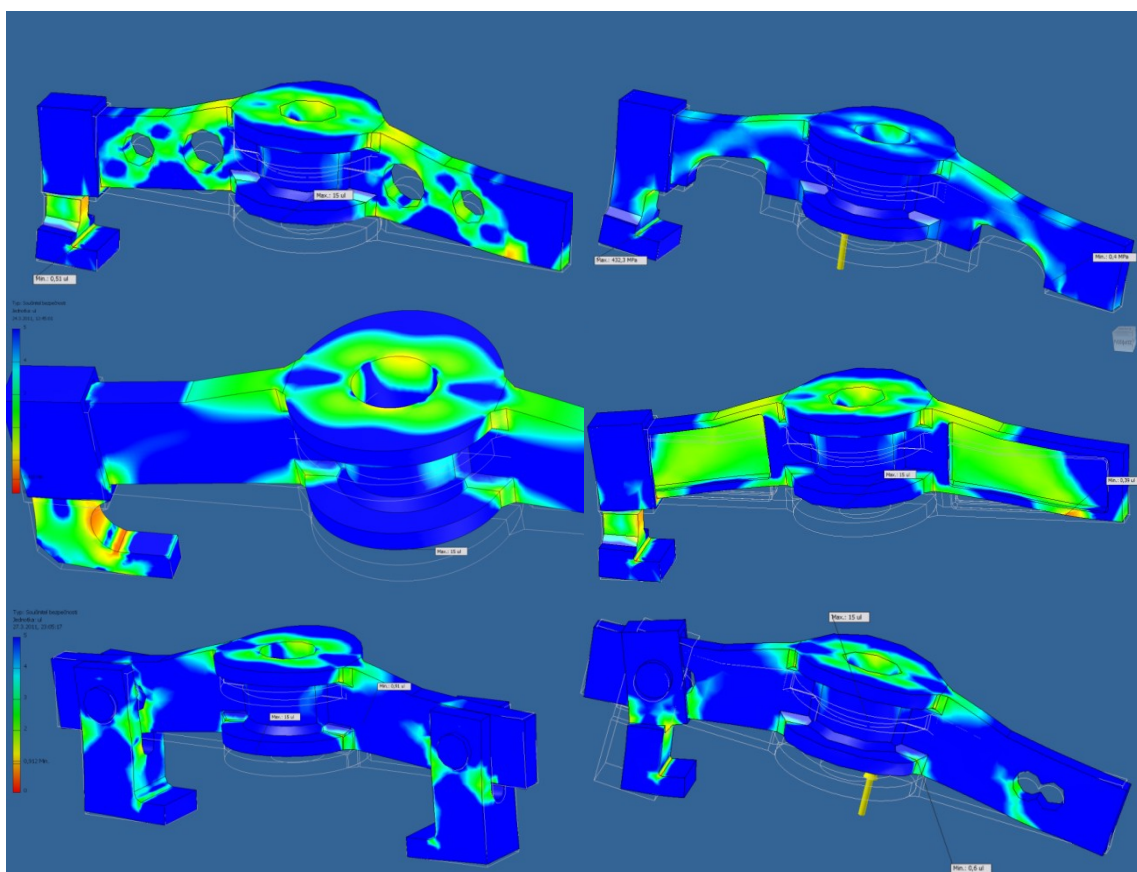
End1	End2	Pressure	Length / Longitud / Länge						
Extremo 1	Extremo 2	Presión	0,8	1,5	2	3	4	6	8
Ende 1	Ende 2	Druck							
		bar	m	m	m	m	m	m	m
3/8 NPT	3/8 NPT	700	AP2008	AP2015	AP2020	AP2030	AP2040	AP2060	AP2080

Tab. 10 Hydraulické hadice [11]

Volím hadice **AP2015** v délce 1,5m

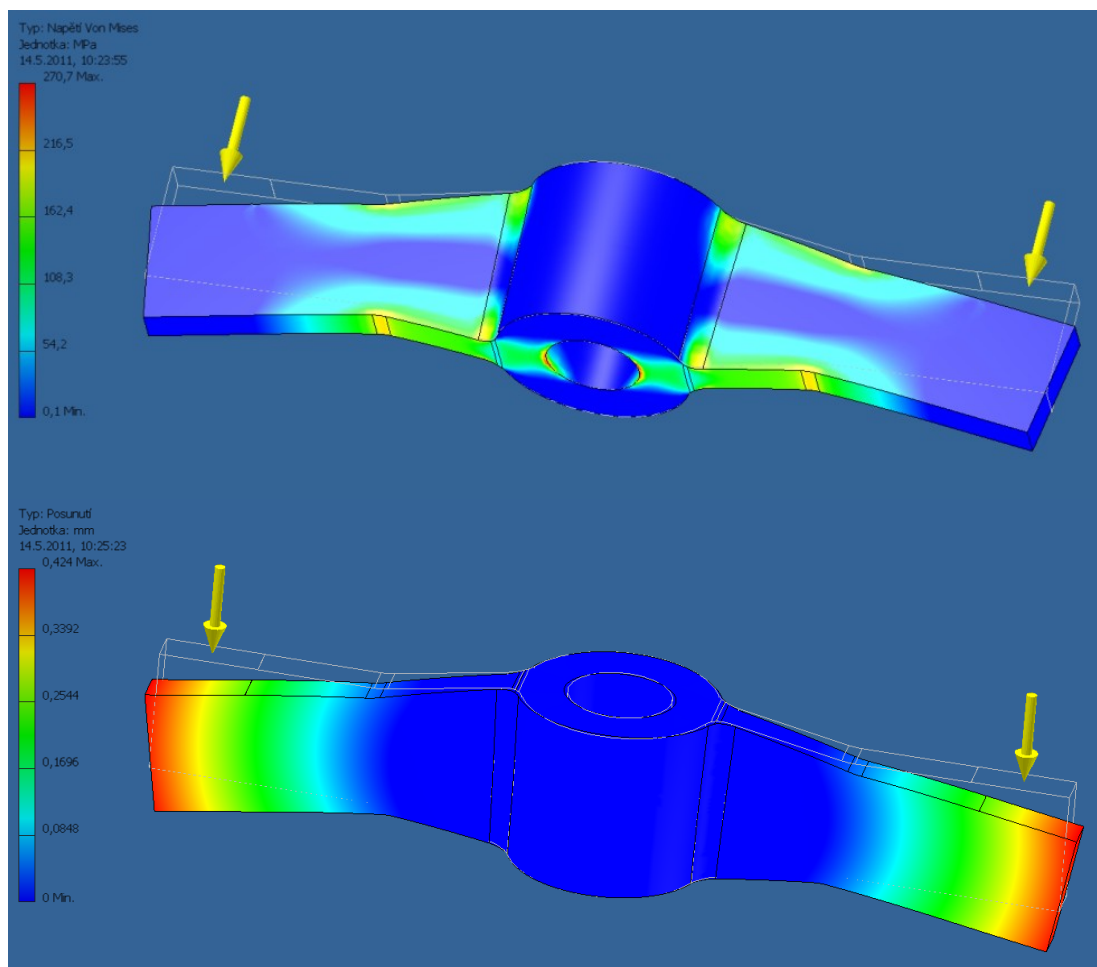
6 Návrh konstrukce stahováku

Při navrhování rámu stahováku jsem vyzkoušel mnoho konstrukčních úprav. Pro představu jsem vložil několik variant stahováku, kterými jsem se zabýval. Jsou to různé konstrukční úpravy, které jsem podrobil simulaci zatížení. Po konzultaci s odborníky, jsem změnil typ vazby a dospěl jsem k variantě řešení, kterou jsem dále zpracoval. Používání pevných vazeb v MKP zkresluje výsledek, vazby jsou příliš tuhé. A v okolí této vazby vznikají velké koncentrace napětí. Modelování a pevnostní výpočty jsem prováděl pomocí programu Autodesk Inventor 2010.



Obr. 33 Konstrukční návrhy řešeny pomocí MKP

Při návrhu stahováku jsem se snažil konstrukci tohoto zařízení navrhnout co nejjednodušší, aby se výroba zbytečně neprodražovala. Vycházel jsem z požadavků stanovených v (Tab. 1). Při návrhu stahováku jsem měnil rozměry dílu tak aby napětí a deformace byly optimální pro volbu materiálu.



Obr. 34 Simulace zatížení rámu stahováku

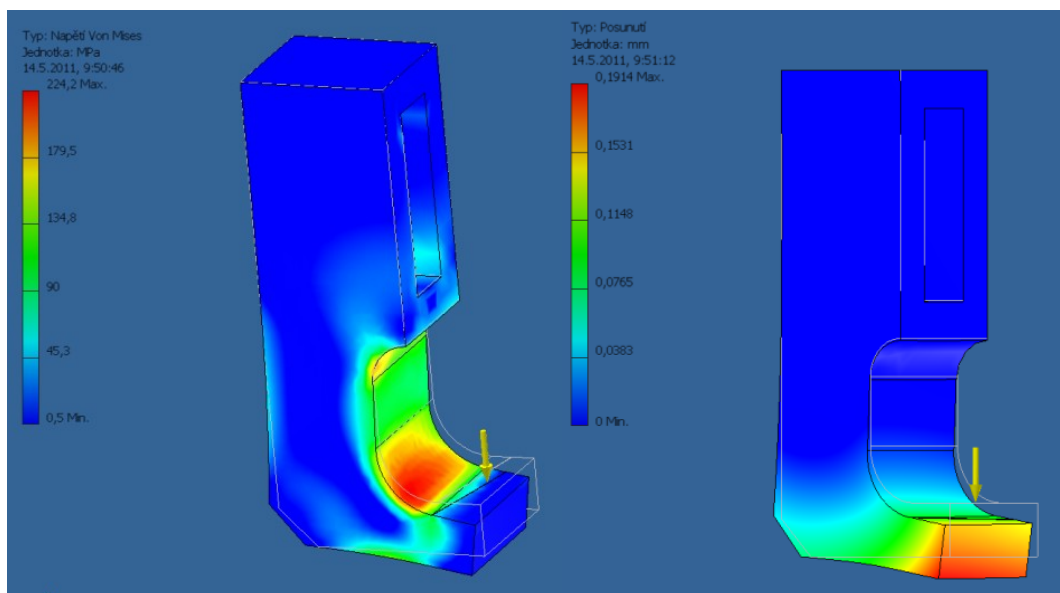
Maximální napětí - 270,7 MPa

Maximální průhyb – 0,424 mm

Pozn. Při výpočtech pomocí metody MKP, dochází k singularitám na ostrých hranách prvku – koncentrace napětí. Tyto singularity zkreslují výpočet, neboť ve skutečnosti se tyto napětí po počáteční deformaci rozloží na větší plochu, nebo dojde ke zpevnění materiálu a tím únosnosti.

6.1 Návrh uchycení

Při demontáži čepu a ložiska dosedací ploška není zatížena rovnoměrně, proto v simulaci síla působí jen na část dosedací plochy.

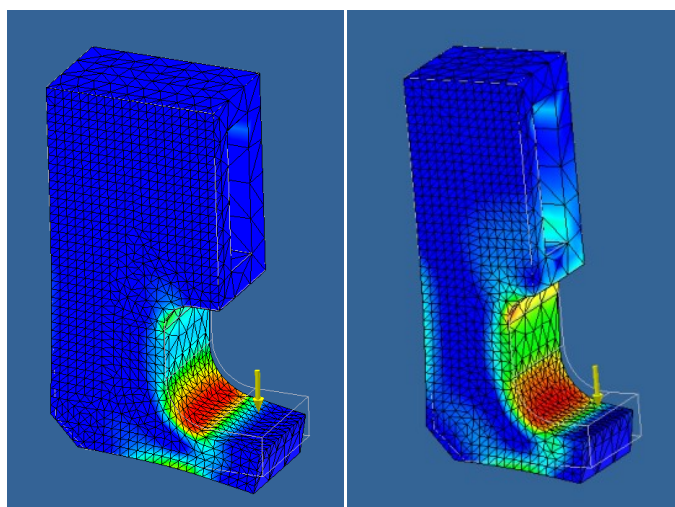


Obr. 35 Simulace zatížení úchyty

Maximální napětí - 224,2 MPa

Maximální průhyb – 0,191 mm

Optimalizace úchyty

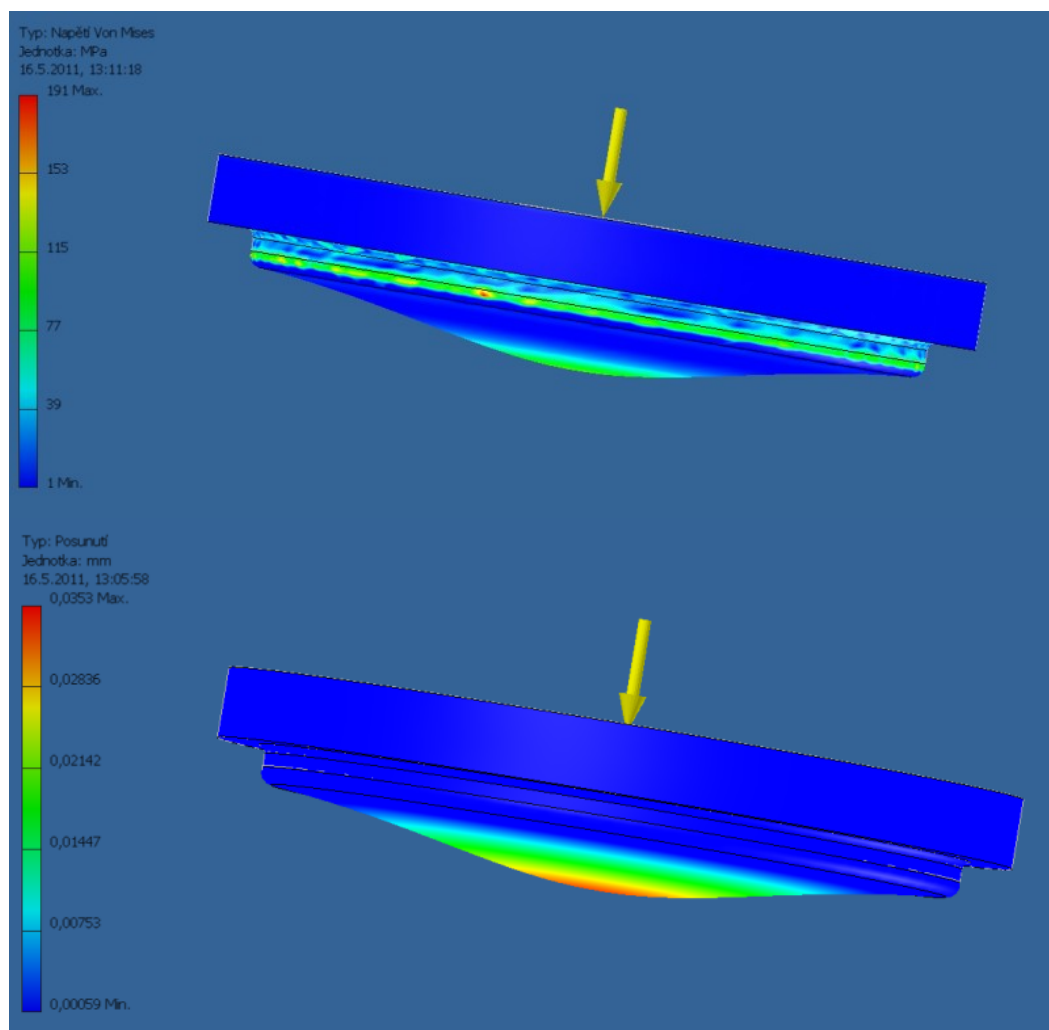


Obr. 36 před optimalizací

Obr. 37 po optimalizaci

6.2 Návrh zátky na ložisko

Při demontáži ložiska je potřeba vložit zátku mezi ložisko a pohyblivou část pístu. A to z důvodu aby se píst měl o co zapřít, a výtlačnou sílu přenesl pomocí zátky na vnější plochy ložiska a mohlo dojít k vytlačení. Zátka je navržena s osazením, pro snadnější zajištění správné polohy.



Obr. 38 Simulace zatížení zátky

Maximální napětí - 191 MPa

Maximální průhyb – 0,035 mm

6.3 Návrh volby materiálu v závislosti na výsledcích MKP

Materiál jsem volil takový, aby byla svařitelnost zaručena a mez kluzu byla okolo 350 MPa. Vlastnosti a značení materiálu dle literatury (6, str. 1128), (4, str. 233)

Norma	Číslo normy	Značení oceli
ČSN	420 002	11 523.0
ČSN EN	10027-2	1.0553
ČSN EN	10027-1	S355J0

Tab. 11 Značení materiálu

Chemické složení materiálu

Mn % max.	Si % max.	P % max.	S % max.	N % max.	C % max.
1,7	0,6	0,05	0,05	0,011	0,23

Tab. 12 Chemické složení

Mechanické vlastnosti

Re - minimální mez kluzu		Rm - mez pevnosti
0 ≤ 16 [mm]	16 ≤ 40 [mm]	3 ≤ 100 [mm]
355 MPa	345 MPa	490 - 630 MPa

Tab. 13 Mechanické vlastnosti

Součinitel bezpečnosti:

$$\sigma_{max} = \frac{Re}{k_s} \Rightarrow k_s = \frac{Re}{\sigma_{max}} \quad (33)$$

Rám stahováku:

$$k_{s1} = \frac{Re}{\sigma_{max1}} = \frac{345}{270,7} = 1,27 \quad (34)$$

Rameno stahováku:

$$k_{s2} = \frac{Re}{\sigma_{max2}} = \frac{345}{224,2} = 1,54 \quad (35)$$

Záslepka pro ložisko

$$k_{s3} = \frac{Re}{\sigma_{max3}} = \frac{345}{191} = 1,81 \quad (36)$$

Součinitel bezpečnosti u rámu je zkreslený, ve skutečnosti je větší. Na hranách pevné vazby vznikají koncentrace napětí. Když pomineme maximální napětí rámu v oblasti otvoru, kde je umístěná pevná vazba, tak napětí se pohybuje maximálně okolo 200MPa.

Co se týče bezpečnosti, tak stahovák můžeme řešit jako statickou úlohu, je zbytečné řešit únavu materiálu, a to z důvodu, že toto zařízení bude používáno v krátkých intervalech s velkými časovými odstupy.

7 Návod na postup demontáže kluzných ložisek

Stručný postup

Pohyblivý vodič boční shrnovače ustavíme do polohy -15° . Poté odstraníme napínací sílu F_n , která napíná řetěz shrnovače. Pohyblivý vodič zajistíme proti posunutí. Nasadíme stahovák a ustavíme do optimální polohy, a zajistíme. Vytlačí první čep, při vytlačování druhého čepu postupujeme stejně. Pohyblivý vodič je uvolněn, tak jej posunem abychom mohli stahovák uchytit na pohyblivý vodič. Na kluzné ložisko usadíme záslepku. Nasadíme stahovák a ustavíme, zajistíme. Postupujeme stejně jakou u čepu.

Po montáži se kluzné ložisko a čep mění za nové. Z toho důvodu jsem nepočítal ložisko na otlačení.

8 Závěr

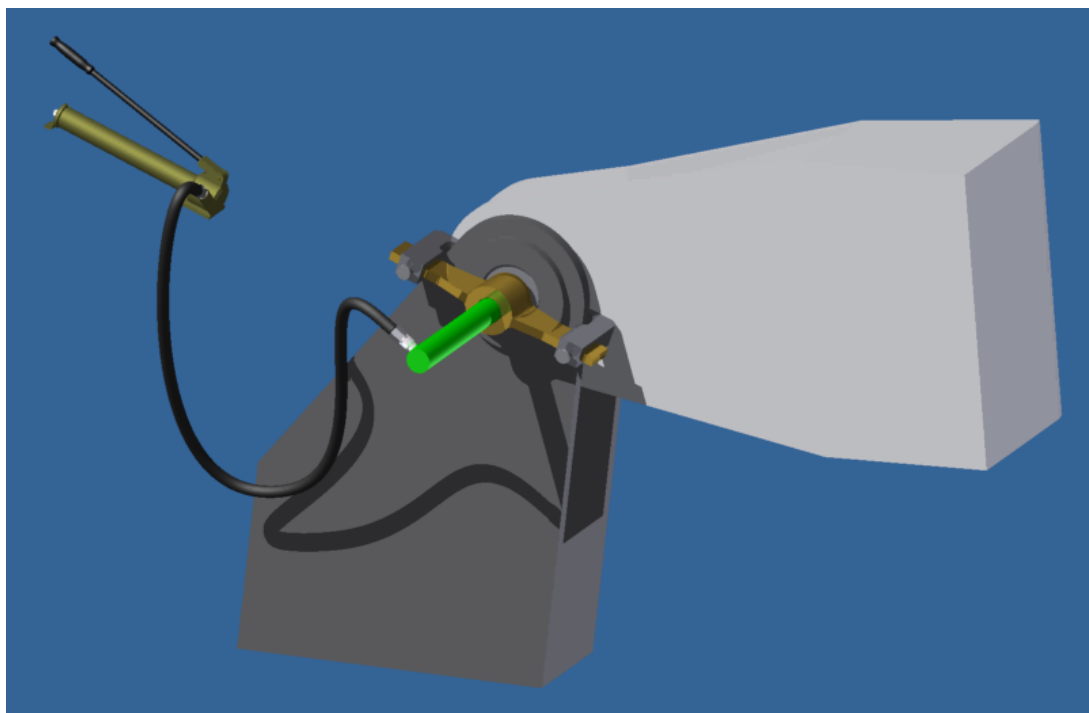
Úkolem této bakalářské práce bylo navrhnout stahovák pro demontáž kluzných ložisek na bočním shrnovači. Práce navazuje na bakalářskou práci Bc. Grytze, který se zabýval návrhem kluzných ložisek a jejich mazání.

Pro návrh stahováku bylo důležité zjistit demontážní síly. Demontážní síla čepu je závislá na poloze pohyblivého vodiče. Cílem bylo najít polohu s co nejmenšími reakcemi v kloubech vodiče. Demontážní síla kluzného ložiska je závislá na typu uložení v tom to případě je uložení r6/H7. Demontážní síla ložiska je větší než čepu. A proto byl stahovák navrhován na výtlačnou sílu ložiska.

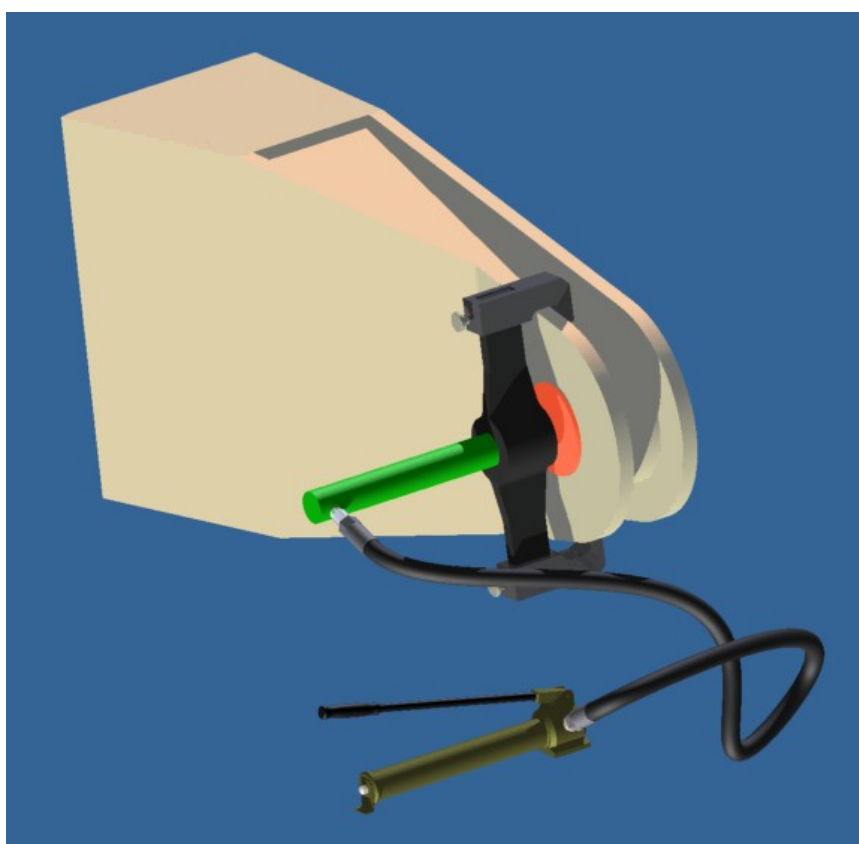
Byl proveden návrh pohybového šroubu a návrh hydraulického zařízení. Jedním z požadavků byla jednoduchá manipulace, což pohybové šrouby nesplňují. Stabilita stahováku je horší, vlivem krutu, který vyvíjí síla na páce. Demontáž pomocí šroubu je fyzicky pro pracovníka náročnější. A proto jsem dospěl k závěru, že bude pro pohybový agregát používán hydraulický válec (viz obr. 39 a 40).

Konstrukce stahováku byla přizpůsobena rozměrovým parametrům stroje. Byla navržena na maximální sílu, která vzniká při demontáži ložiska. Materiál stahováku byl zvolen na základě výsledku MKP. Pomocí MKP byla provedena také optimalizace rozměrů. 3D modely a MKP byly vytvořeny v programu Autodesk Inventor 2010. V příloze je přiložena výkresová dokumentace stahováku a je ho aplikace.

Aplikace navrženého stahováku



Obr. 39 Demontáž čepu



Obr. 40 Demontáž ložiska

9 Seznam použité literatury

- [1] Kaláb, K.: *Části a mechanismy strojů pro bakaláře. Části spojovací*. Skripta VŠB – TU Ostrava, Ostrava, 2009, ISBN 978-80-248-1290-8.
- [2] Kaláb, K.: *Vysokoškolská příručka – Konstrukční návrh a výpočet ručního šroubového zvedáku*, Ostrava 2009
- [3] Grycz, M.: *Posouzení kluzných ložisek bočního shrnovače: Sliding Bearing Assessment of Side Scraper* (Bakalářská práce). Ostrava: VŠB-TU Ostrava, fakulta strojní, 2010. 42 s, 8 příl. Fries, J.
- [4] Leinveber, J.: Vávra, P.: *Strojnické tabulky*. Úvaly: Albra, 2003. 866 s. ISBN 80-86490-74-2.
- [5] Černoch, S.: *Černoch. Strojně technická příručka*. 12. vyd. Praha: SNTL, 1968. 2389 s.
- [6] Shigley, J.: Mischke, Ch.: Budynas, R.: *Konstruování strojních součástí*. VUT: Vutium, 2010. 1153 s. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [7] Loziska-prodej [online]. 2010 [cit. 2010-11-08]. Elo. Dostupné z: <<http://www.loziska-prodej.cz/naradi-pro-montaz-a-demontaz-lozisek/>>
- [8] Exvalos [online]. 2010 [cit. 2010-12-02]. Exvalos. Dostupné z: <<http://www.exvalos.cz/naradi-cromwell/stahovaky/>>
- [9] Pontte [online]. 2010 [cit. 2010-12-02]. Pontte. Dostupné z: <<http://www.pontte.cz/stahovaky-na-loziska-priruby.aspx?Prod=737>>
- [10] Skf [online]. 2010 [cit. 2010-12-05]. Skf. Dostupné z: <http://www.skf.com/portal/skf_cz/home/catalogues?searchlang=cs&code=&freetext=n%C3%A1%C5%99ad%C3%AD&Search.x=40&Search.y=10&Search=Search&contentId=258974&hidden_cache_id=2303#>
- [11] Larzep [online]. 2010 [cit. 2010-12-16]. Larzep. Dostupné z: <<http://www.larzep.com/descargas/en/I-2005%2009.pdf>>
- [12] Powerteam [online]. 2010 [cit. 2010-12-18]. Hydraulické nářadí. Dostupné z: <<http://www.uni-power-team.cz/hydraulicke-naradi/powerteamcz.pdf>>

10 Seznam příloh

HUB142-BP-01	Sestava stahováku
HUB142-BP-02	Svařenec rámu
HUB142-BP-03	Rameno stahováku
HUB142-BP-04	Záslepka ložiska
HUB142-BP-05	Aplikace stahováku
CD	Bakalářská práce